

Drucksensor mit Feuchteschutz

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drucksensor. Drucksensoren im hier verwendeten Sinn umfassen Absolutdrucksensoren und

5 Relativdrucksensoren, welche den absoluten Druck eines Meßmediums gegen Vakuum bzw. die Differenz zwischen dem Druck in einem Meßmedium und dem aktuellen Atmosphärendruck messen. Ein Drucksensor umfaßt im allgemeinen eine Druckmeßzelle mit einem Grundkörper und einer Meßmembran, wobei zwischen der Meßmembran

10 und dem Grundkörper eine Druckkammer ausgebildet ist. Die druckabhängige Verformung der Meßmembran ist ein Maß für den Druck, welches in geeigneter Weise in eine elektrische Größe bzw. ein Primärsignal gewandelt wird. Zur Aufbereitung des Primärsignals bzw. der elektrischen Größe wird gewöhnlich eine elektronische Schaltung, beispielsweise eine

15 Hybridschaltung, eingesetzt, welche bevorzugt in unmittelbarer Nähe zur Primärsignalquelle, beispielsweise auf der von der Druckkammer abgewandten Rückseite des Grundkörpers angeordnet ist. Die elektronische Schaltung ist zwar in einem Sensorgehäuse angeordnet, um sie vor Verschmutzung etc. zu schützen, aber sie ist dennoch der Umgebungsluft ausgesetzt. Hierbei erweist sich insbesondere die unter realistischen

20 Betriebsbedingungen schwankende Luftfeuchtigkeit als schwer beherrschbare Fehlerquelle, da sie u.a. zu Veränderungen der Eigenschaften der Bauelemente der elektrischen Schaltung und ggf. der Anschlußleitungen und damit zu Verfälschungen des Meßsignals führen kann. Die

25 Verfälschungen sind zwar gering und für Standardanwendungen vertretbar, aber bei Präzisionssensoren ist Handlungsbedarf gegeben. Es gibt daher Bemühungen, die Feuchteinflüsse durch Kapselung der elektrischen Schaltung zu minimieren. Die unveröffentlichte internationale Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen PCT/EP02/14787 der gleichen

30 Anmelderin offenbart hierzu einen keramischen kapazitiven Relativdrucksensor, mit einem keramischen Topf, der auf der von der Meßmembran abgewandten rückseitigen Stirnfläche des Drucksensors

BEST AVAILABLE COPY

aufgesetzt und mit dieser verbunden ist, um eine Kammer zu bilden, in welcher die in der Kammer eingeschlossene Hybridschaltung vor Feuchteinflüssen geschützt ist. Dieses Konzept ist jedoch aus den folgenden Gründen verbesserungsfähig.

5

Sofern der Topf aufgeklebt ist, kann immer noch Feuchtigkeit in den Topf eindringen, denn organische Materialien bieten keinen hinreichend langfristigen Schutz, wie beispielsweise einer Untersuchung mit dem „Titel Hermeticity of Polymeric Lid Sealants“ von R.K. Traeger, New Initiatives, Sandia Laboratories, Albuquerque, NM, USA, dargestellt ist. Zudem erstreckt sich bei dem Drucksensor gemäß der obigen Anmeldung der Topf über die gesamte rückseitige Stirnfläche des Grundkörpers. Daher muß die rückseitige axiale Abstützung der Druckmeßzelle gegen den Prozeßdruck über den Topf und insbesondere über die Fugestelle zwischen Topf und Grundkörper erfolgen. Hinreichend feste, flächige Hartlotverbindungen sind mit der eingeschlossenen Hybridschaltung nicht zu realisieren, da die hierzu erforderlichen Temperaturen für die Hybridschaltung zu hoch wären. Die Verwendung von Weichlotverbindungen zum Fügen des Topfes mit dem Grundkörper kann zu Hystereseerscheinungen führen, da die Fugestelle durch Druckstöße und Temperaturschwankungen ggf. plastischen Verformungen ausgesetzt ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drucksensor mit einem nachhaltigen Feuchteschutz für die elektrische Schaltung bzw. den elektrischen Signalpfad bereitzustellen.

25

Die Aufgabe wird gelöst durch den Drucksensor gemäß des unabhängigen Anspruchs 1.

Der erfindungsgemäße Drucksensor zum Messen eines Mediendrucks, umfaßt eine Meßzelle mit einem Grundkörper und einer mit einem Meßdruck beaufschlagbaren Meßmembran, die mit ihrem Rand mit dem Grundkörper

30

verbunden ist, und Mitteln zur Wandlung der druckabhängigen Verformung der Meßmembran in eine elektrische Größe; eine elektrische Schaltung zum Erfassen der elektrischen Größe; und eine Kapsel mit einem Verschlusselement, mit welchem die Kapsel entlang einer Fügestelle
5 hermetisch dicht verschlossen ist, wobei die Kapsel die Schaltung umschließt um diese vor Feuchteinflüssen zu schützen, wobei die Fügestelle der Kapsel mechanisch von dem Grundkörper entkoppelt ist.

Der Grundkörper der Druckmeßzelle kann u.a. ein kristalliner oder
10 keramischer Grundkörper sein, wobei derzeit ein keramischer Grundkörper, insbesondere aus Korund bevorzugt ist.

Die erfaßte elektrische Größe kann beispielsweise eine Kapazität zwischen Elektroden an der Meßmembran und am Grundkörper, oder ein
15 verformungsabhängiger Widerstand sein.

Die mechanische Entkopplung der Fügestelle bedeutet beispielsweise, daß zumindest die axiale Abstützung des Drucksensors nicht über die Fügestelle übertragen werden darf. Soweit die Kapsel auf dem Grundkörper angeordnet
20 ist, sollten druckbedingte und temperaturbedingte Verformungen des Grundkörpers keine Auswirkungen auf die Fügestelle der Kapsel haben. Dies bedeutet unter anderem, daß der Grundkörper nicht als Verschlusselement der Kapsel dienen kann.

25 Die Kapsel kann insbesondere einen keramischen Kapselkörper und einen keramisches Verschlusselement aufweisen. In diesem Falle können die erforderlichen elektrischen Durchführungen beispielsweise durch Kontaktstifte realisiert werden, die in Bohrungen durch den Kapselkörper eingelötet sind. Die Fügestelle kann in diesem Fall ein Lot aufweisen. Die
30 Wärmeausdehnungskoeffizienten des Kapselkörpers und des Verschlusselements sollten möglichst wenig voneinander abweichen und vorzugsweise identisch sein. Dies kann insbesondere durch die Verwendung

des gleichen Materials erzielt werden. Bei einer derzeit bevorzugten Ausführungsform weist der Kapselkörper und das Verschlusselement Korund auf. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Schaltung, beispielsweise als Hybridschaltung, auf einem Korundträger angeordnet ist.

5

Weiterhin kann die Kapsel einen metallischen Kapselkörper und ein metallisches Verschlusselement aufweisen. In diesem Falle können die erforderlichen elektrischen Durchführungen beispielsweise durch Kontaktstifte realisiert werden, die in Bohrungen durch den Kapselkörper eingeglast sind. Die Fügestelle kann in diesem Fall ein Lot oder eine Schweißverbindung aufweisen. Bei einer derzeit bevorzugten Ausführungsform weist der Kapselkörper und das Verschlusselement Kovar auf. Diese Materialwahl ist ebenfalls bei der Verwendung von Hybridschaltungen, auf einem Korundträger geeignet, da Kovar und Korund etwa den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen.

15

Weiterhin sind hermetisch dichte Kapseln mit einem Kapselkörper und einem Verschlusselement aus Glas verwendbar geeignet.

Die Kapsel kann beispielsweise von Anschlußleitungen gehalten werden, über welche die Schaltung die elektrische Größe erfaßt, und welche sich zwischen der rückseitigen Stirnfläche des Grundkörpers und der Kapsel erstrecken. Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Kapsel zusätzlich über einen oder mehrere Vorsprünge auf der rückseitigen Stirnfläche des Grundkörpers aufsetzen. Zudem kann der mindestens eine Vorsprung an der Stirnfläche befestigt sein.

25

Die Kapselung bewirkt beispielsweise eine erhebliche Verbesserung der Nullpunktstabilität eines Absolutdrucksensors. So wurde bei einer Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit von 30% auf 95% bei 30°C eine Nullpunktverschiebung von etwa 0,001% bis 0,02% der Spanne des Sensors bewirkt. Die größte Gruppe der getesteten Sensoren wies eine

30

Nullpunktverschiebung von etwa 0,002% auf. Ohne Kapselung beträgt die Nullpunktverschiebung im Vergleich dazu etwa 0,1% bis 0,2% der Spanne.

Zur weiteren Verbesserung des Feuchteschutzes können ausgewählte
5 freiliegenden Oberflächen des Drucksensors bzw. des Grundkörpers und der Kapsel hydrophobiert werden. Hierzu gehören insbesondere die Anschlußleitungen und deren Umgebung zwischen dem Grundkörper und der Kapsel. Zur Hydrophobierung ist eine Imprägnierung beispielsweise mit Silanen aus einer Lösung oder eine Gasphasenhydrophobierung möglich.
10 Bezüglich Einzelheiten hinsichtlich der hydrophoben Materialien und der Hydrophobierungsverfahren wird auf ältere Anmeldungen der gleichen Anmelderin, nämlich die europäische Patentanmeldung EP 1 061 351 A1 sowie die internationale Patentanmeldung PCT/EP02/14443 verwiesen.

15 Der Effekt der Hydrophobierung der Oberflächen und der Anschlußleitungen ist um so wichtiger, je näher die Anschlußleitungen zueinander verlaufen. Weiterhin nimmt die Bedeutung der Hydrophobierung zu, wenn die Drähte nicht durch Luft, sondern durch ein Polymer, beispielsweise in einem Flex-Kabel, voneinander getrennt sind, welches einerseits eine größere
20 Elektrizitätskonstante aufweist, und andererseits weitere Kondensationsflächen bietet.

Durch die zusätzliche Hydrophobierung wurde beispielsweise der Nullpunktfehler eines Sensors mit gekapselter Elektronik von 0,02% auf
25 0,007% bei einer Erhöhung der relativen Feuchtigkeit von 30% auf 95% bei 30°C reduziert.

Zur ergänzenden Reduzierung der Effekte der verbleibenden Feuchte auf die Streukapazitäten der Anschlußleitungen - und damit auf die erfaßte
30 elektrische Größe - können die Anschlußleitungen von einer geeigneten Abschirmung umgeben sein. Es hat sich jedoch bei Kontrollmessungen

gezeigt, daß diese Abschirmungen nur noch eine geringe zusätzliche Verbesserung bewirken.

Weitere Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen
5 Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels,
und der Zeichnung.

Es zeigt:

10 Fig. 1. einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Drucksensor.

Der in Fig. 1 dargestellte Drucksensor umfaßt eine Meßzelle, mit einem Grundkörper 1 und eine Meßmembran 2, die unter Ausbildung einer Druckkammer an dem Grundkörper befestigt ist. Die Meßmembran 2 ist im
15 Meßbetrieb auf ihrer dem Grundkörper 1 abgewandten Seite mit einem Meßdruck beaufschlagbar. Über eine bei Relativdrucksensoren vorhandene Druckkammeröffnung kommuniziert die Druckkammer mit dem Atmosphärendruck. Bei Absolutdrucksensoren ist die Kammer druckdicht verschlossen und evakuiert. Die Verformung der Meßmembran kann nach
20 den gängigen Meßprinzipien, beispielsweise kapazitiv, resistiv, oder nach Resonanzverfahren erfaßt werden. Bei der vorliegenden Ausgestaltung wird die Kapazität zwischen einer ersten Elektrode 4 an der Stirnfläche des Grundkörpers 1 und einer zweiten Elektrode 3 auf der druckkammerseitigen Oberfläche der Meßmembran 2 ermittelt. Die Elektroden sind über
25 elektrische Durchführungen und damit verbundenen Leitungen 6 an eine Hybridschaltung 5 angeschlossen.

Die Hybridschaltung 5 ist in einer Kapsel 10 angeordnet, welche an der der Meßmembran 2 abgewandten rücksseitigen Stirnfläche 11 des Grundkörpers
30 angeordnet ist. Die Kapsel 10 umfaßt einen metallischen Kapselkörper 8 und einen Deckel 9, der vorzugsweise das gleiche Material wie der Kapselkörper 8 aufweist. Insofern als die Hybridschaltung 5 bei einer derzeit erwogenen

Ausgestaltung einen Korundträger umfaßt, eignet sich insbesondere Kovar als Material für den Kapselkörper 8 und den Deckel 9. Der Deckel 9 ist über eine umlaufende Schweißnaht mit dem Kapselkörper 8 verbunden, wodurch die Hybridschaltung hermetisch dicht in der Kapsel eingeschlossen ist. Die
5 erforderlichen elektrischen Durchführungen zur Kontaktierung der Hybridschaltung umfassen Kontaktstifte welche in Bohrungen durch den Kapselkörper 8 eingeglast sind. Wie bereits erwähnt, sind die Kondensatorelektroden 3,4 an die Hybridschaltung angeschlossen. Diese Kontaktierung erfolgt über die Leitungen 6, welche an die Kontaktstifte der
10 elektrischen Durchführungen angeschweißt oder angelötet sind. Die Hybridschaltung verfügt weiterhin über eine Schnittstelle 7, über welche sie von einer übergeordneten Einheit mit Energie versorgt wird und an diese Signale überträgt und/oder Signale von dieser empfängt. Die Signalkommunikation kann sowohl analog als auch digital verlaufen. Die
15 übergeordnete Einheit kann beispielsweise ein Umformermodul sein, an welches der Sensor angeschlossen wird. Das Umformermodul umfaßt weitere Schaltungen beispielsweise zur Aufbereitung der über die Schnittstelle 7 empfangenen Signale und zur Kommunikation eines den Meßwert des Sensors repräsentierenden Signals. Die Kommunikation kann
20 nach einem der gängigen Protokolle, beispielsweise 4 ... 20 mA, HART, Foundation Fieldbus oder Profibus erfolgen.

Die Kapsel weist bei einer Ausführungsform einen Sockel 13 auf, der auf der dem Grundkörper 1 zugewandten Unterseite des Kapselkörpers angeordnet
25 ist. Der Sockel 13 befindet sich mit einer komplementären Aussparung 12 auf der rückseitigen Stirnfläche 11 des Grundkörpers 1 in Eingriff, wodurch die Position der Kapsel 10 bezüglich des Grundkörpers definiert ist. Der Sockel definiert zudem einen Abstand zwischen der Unterseite der Kapsel 10 und der rückseitigen Stirnfläche 11 des Grundkörpers 1. Auf diese Weise ist die
30 Kapsel 10 von dem Grundkörper weitgehend mechanisch und thermisch entkoppelt.

Die mechanische Entkopplung hat unter anderem den Effekt, daß Einspannkräfte, mit denen die Druckmeßzelle in einem Sensorgehäuse fixiert ist, keinen Einfluß auf die Fügestelle zwischen dem Kapselkörper 8 und dem Deckel 9 der Kapsel 10 ausüben. Bei dem beschriebenen
5 Ausführungsbeispiel ist der Sensor zwischen eines Schraubbrings 15 und ggf. einem hier nicht gezeigten Stützring einerseits sowie einem O-Ring 14 andererseits in einem im wesentlichen zylindrischen Gehäuse 16 axial eingespannt. Durch die Einspannkräfte können Biegemomente in den Grundkörper 1 eingeleitet werden, welche eine Verformung der Rückseitigen
10 Stirnfläche 11 des Grundkörpers bewirken können. Aufgrund der mechanischen Entkopplung zwischen der Kapsel 10 und dem Grundkörper 1 hat diese Verformung keine Auswirkung auf die Fügestelle und damit auf die langfristige Dichtigkeit der Kapsel 10. Zudem haben Ausdehnungsunterschiede zwischen der Kapsel bzw. Komponenten der
15 Kapsel und dem Grundkörper keinerlei Auswirkungen auf den Grundkörper und somit auf den gemessenen Druckwert.

Patentansprüche:**1. Drucksensor, umfassend**

5 eine Meßzelle mit

einem Grundkörper (1);

10 einer mit einem Meßdruck beaufschlagbare Meßmembran (2), die entlang Ihres Rands mit dem Grundkörper verbunden ist; und

mindestens einem Mittel (3, 4) zur Wandlung der druckabhängigen Verformung der Meßmembran (2) in eine elektrische Größe;

15 eine elektrische Schaltung (5) zum Erfassen der elektrischen Größe; und

eine Kapsel (10) mit

20 einem Kapselkörper (8) und einem Verschlusselement (9), mit welchem die Kapsel (10) entlang einer Fügestelle hermetisch dicht verschlossen ist, wobei die Kapsel die Schaltung (5) umschließt um diese vor Feuchteinflüssen zu schützen, wobei die Fügestelle der Kapsel (10) mechanisch von dem Grundkörper (1) entkoppelt
25 ist.

2. Drucksensor nach Anspruch 1, wobei der Grundkörper der Meßzelle ein kristallines oder keramisches Material, insbesondere Korund, aufweist.

30

3. Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die elektrische Größe eine Kapazität zwischen Elektroden (3, 4) an der Meßmembran (2) und am Grundkörper (1), oder ein verformungsabhängiger Widerstand ist.
- 5 4. Drucksensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin umfassend: ein Gehäuse (16), in welchem die Meßzelle axial eingespannt ist, wobei die axiale Einspannkkräfte der Meßzelle nicht über die Fügestelle der Kapsel (10) übertragen werden.
- 10 5. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapsel (10) ein keramisches oder ein metallisches Material, insbesondere Kovar aufweist.
- 15 6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapsel (10) von elektrischen Anschlußleitungen (6, 7) gehalten wird, welche sich zwischen der Kapsel und der Meßzelle erstrecken.
- 20 7. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapsel (10) und/oder die rückseitige Stirnfläche des Grundkörpers mindestens einen Vorsprung (13) aufweist, durch welchen, ein definierter Abstand zwischen der rückseitigen Stirnfläche (11) des Grundkörpers und der Kapsel (10) gegeben ist.
- 25 8. Drucksensor nach Anspruch 7, wobei der mindestens eine Vorsprung (13) sich mit einer komplementären Aussparung (12) am Grundkörper bzw. an der Kapsel im Eingriff befindet.
9. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Oberflächenabschnitte der Meßzelle und der Kapsel hydrophobiert sind.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.